

PAT-NO: JP02004103599A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2004103599 A

TITLE: OPTICAL AMPLIFIER, METHOD OF COMPENSATING FOR ITS

TEMPERATURE-DEPENDENT GAIN FLATNESS, AND
OPTICAL
TRANSMISSION LINE

PUBN-DATE: April 2, 2004

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TAKEDA, YASUSHI	N/A
SHIMADA, NORIAKI	N/A
SAKAI, TETSUYA	N/A
WADA, AKIRA	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FUJIKURA LTD	N/A

APPL-NO: JP2002258962

APPL-DATE: September 4, 2002

INT-CL (IPC): H01S003/23, G02F001/35 , H01S003/06 , H01S003/10 ,
H01S003/30
 , H04B010/16 , H04B010/17 , H04J014/00 , H04J014/02

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical amplifier or an optical transmission line whose gain is kept flat even an ambient temperature changes or to provide a method of compensating for the temperature-dependent gain flatness of the optical amplifier.

SOLUTION: The optical amplifier is equipped with an EDF amplifying unit 2 and a Raman amplifying unit 1. The Raman amplifying unit 1 has a

temperature-dependent gain profile so as to cancel out a gain profile change caused by a temperature change in the EDF amplifying unit 2. The Raman amplifying unit 1 is provided with a wavelength locking grating, the wavelength locking grating has characteristics to shift the wavelength of transmitted light to a shorter side with a temperature rise, and the wavelength locking grating is preferably kept at the same temperature with the EDF 11 of the EDF amplifying unit 2.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-103599

(P2004-103599A)

(43) 公開日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(51) Int. Cl.⁷

F1

テーマコード(参考)

H01S 3/23

H01S 3/23

2K002

G02F 1/35

G02F 1/35

501

5F072

H01S 3/06

H01S 3/06

B

5K102

H01S 3/10

H01S 3/10

Z

H01S 3/30

H01S 3/30

Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-258962(P2002-258962)

(22) 出願日 平成14年9月4日(2002.9.4)

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武

(74) 代理人 100108578

弁理士 高橋 昭男

(74) 代理人 100089037

弁理士 渡邊 隆

(74) 代理人 100101465

弁理士 青山 正和

(72) 発明者 武田 保志

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社
フジクラ佐倉事業所内

最終頁に続く

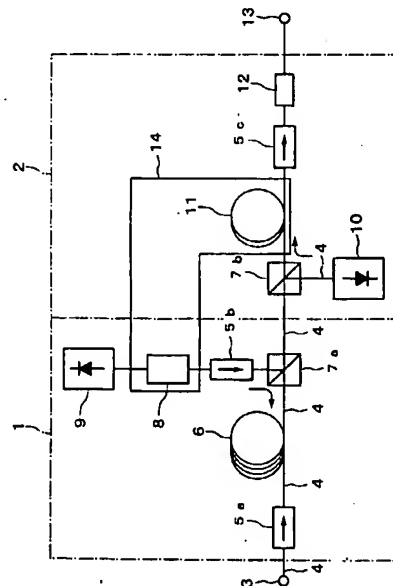
(54) 【発明の名称】 光増幅器、光増幅器の利得平坦度の温度依存性の補償方法、光伝送路

(57) 【要約】

【課題】本発明は、温度が変化してもほぼ一定の利得平坦度が得られる光増幅器や光伝送路、また光増幅器の利得平坦度温度依存性を補償する方法を提供する。

【解決手段】本発明の光増幅器は、EDF増幅部2とラマン増幅部1を具え、該ラマン増幅部1が、EDF増幅部2の利得プロファイルの温度変化に起因する変動を打ち消す利得プロファイルの温度変化を有する構成とする。また前記ラマン増幅部1は、波長ロック用グレーティングを具え、該波長ロック用グレーティングが、温度上昇に伴って、その透過波長が短波長側にシフトする特性を有し、前記波長ロック用グレーティングをEDF増幅器2のEDF11と同一温度下に置くことが好ましい。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

E D F 増幅部とラマン増幅部を具え、該ラマン増幅部が、E D F 増幅部の利得プロファイルの温度変化に起因する変動を打ち消す利得プロファイルの温度変化を有していることを特徴とする光増幅器。

【請求項 2】

前記ラマン増幅部は、波長ロック用グレーティングを具え、該波長ロック用グレーティングが、温度上昇に伴って、その透過波長が短波長側にシフトする特性を有し、前記波長ロック用グレーティングをE D F 増幅部のE D F と同一温度下に置くようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載の光増幅器。

10

【請求項 3】

前記ラマン増幅部を前記E D F 増幅部の前段又は後段に配置したことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光増幅器。

【請求項 4】

前記E D F と前記波長ロック用グレーティングを同一筐体内に収めたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の光増幅器。

【請求項 5】

E D F 増幅部とラマン増幅部を具えた光増幅器の利得平坦度の温度依存性を補償する方法であって、

E D F 増幅部の利得プロファイルの温度変化に起因する変動と、ラマン増幅部の利得プロファイルの温度変化に起因する変動とを打ち消すようにしたことを特徴とする光増幅器の利得平坦度の温度依存性の補償方法。

20

【請求項 6】

前記ラマン増幅部は、波長ロック用グレーティングを具え、該波長ロック用グレーティングが、温度上昇に伴って、その透過波長が短波長側にシフトする特性を有し、前記波長ロック用グレーティングが、E D F 増幅部のE D F と同一温度となるようにしたことを特徴とする請求項 5 に記載の光増幅器の利得平坦度の温度依存性の補償方法。

【請求項 7】

信号伝送用光ファイバと、該信号伝送用光ファイバに伝送される信号光を増幅するE D F 増幅部を備えた光伝送路に、

30

前記信号伝送用光ファイバを増幅媒体としてラマン増幅を行うための励起用光源と、所望の波長の励起光を透過し前記信号伝送用光ファイバに入力する波長ロック用グレーティングを有するラマン増幅部を付設し、

前記波長ロック用グレーティングと前記E D F 増幅部のE D F とを同一温度に置くようにし、

前記波長ロック用グレーティングは、温度上昇に伴って、その透過波長が短波長側にシフトする特性を有するものであることを特徴とする光伝送路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

40

本発明は、波長多重光伝送システムなどに用いられる光増幅器に関し、特に温度変化によって利得平坦度が悪化することなく、ほぼ一定の利得平坦度が得られる光増幅器などに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、波長多重光伝送システムには、E r ドープ光ファイバ（以下、E D F と言う。）を用いた光増幅器（以下、E D F 増幅器と言う。）が広く使用されている。このE D F 増幅器は、E D F にレーザ光などの励起光を送り込み、E r イオンをポンピングすることにより反転分布を形成し、この状態で信号光を入力すると誘導放出を引き起こして、入力信号光が光増幅されて利得を得るという作用を利用したものである。特に信号光を高利得、低

50

雑音で増幅できることから、高密度波長多重伝送による更なる高速、大容量、長距離伝送システムへの応用が期待されている。

【0003】

ところで、このEDFは、利得に波長依存性があり、信号光の波長によって利得が異なることが知られている。このため、このEDF増幅器を波長多重光伝送システムに利用する場合、EDF増幅器によって得られる利得を使用波長帯域で一定とし、光増幅された信号光の強度を波長に対してほぼ一定にする必要がある。そこで、利得等化フィルタをEDF増幅器の出力側に設け、増幅時の波長における利得の分布（以下、利得プロファイルと言う。）が平坦となるように、出力信号光に透過損失を与えることが行われている。

【0004】

図8は、従来のEDF増幅器の一例を示す。光伝送路41からの信号光は、光アイソレータ42を通過し、WDMカプラ43を介してEDF45に入力される。一方、半導体レーザなどの励起用光源44からの励起光が、WDMカプラ43を介して、このEDF45に入力される。EDF45では、信号光は光増幅されて利得を得て、光アイソレータ42を介し、利得等化フィルタ46に入力される。この利得等化フィルタ46では、増幅された信号光は透過損失が与えられ、EDF45にて得られた利得が所定の波長帯域でほぼ一定となるように、利得の波長依存性が平坦化される。そして、出力信号光として光伝送路41に送り出される。

【0005】

このように利得等化フィルタ46によって、EDF45の利得プロファイルが平坦化され、波長に対してほぼ一定の光強度をもった信号光にできる。しかしながら、EDF45は、周囲温度の変化によって、利得プロファイルが変動することが知られている。このため、図8に示すような光増幅器では、周囲温度が変化すると、利得等化フィルタ46では、利得プロファイルを完全に平坦化することができず、利得平坦度が悪化する問題がある。

【0006】

そこで、ヒータ、クーラ、ペルチェ素子などの温度調整手段や断熱材などを設けた恒温槽に、EDFを収容する構成として、このEDFを一定の温度に保ち、利得プロファイルが変動しないようにする技術が提案されている（非特許文献1参照。）。しかしながら、恒温槽にEDFを収容するため、光増幅器は大型化する。またヒータ、クーラ、ペルチェ素子などの温度調整手段は、外部から電力を供給する必要があり、光増幅器の電力消費量が

【0007】

また、光ファイバグレーティングを減衰フィルタとして、出力側に設ける技術も報告されている（非特許文献2参照。）。この光ファイバグレーティングは、透過損失特性が、EDFの利得プロファイルの温度特性と逆の特性をもったものであり、出力信号光に損失を与えて、利得の温度変化量を補償するものである。しかしながら、光ファイバグレーティングの透過損失の温度変化量は、EDFの利得の温度変化量に比べて小さいものであり、十分に利得の温度変化量を補償することができない。また、この減衰フィルタを用いるものでは、利得の温度変化量を補償する際に、出力信号光が減衰するため、光増幅器の増幅効率が悪くなってしまう問題がある。

【0008】

更に、このEDF増幅器にあっては、高密度波長多重伝送へ応用するために、様々な研究結果が報告されている。例えば、EDF増幅器にラマン増幅器を設けた構造とし、発生するノイズを低減する技術が報告されている（非特許文献3参照。）。しかしながら、上述したようにEDFの利得プロファイルが温度によって変化し、これにより利得平坦度が悪化する問題を十分に改善する技術は、提案されていないのが現状である。

【0009】

【非特許文献1】

角井素貴，外4名，“テクニカル・ダイジェスト・オブ・オプティカル・ファイバー・コミュニケーション・コンフェレンス（Technical Digest of Opt

ical Fiber Communication Conference)”，米国，2000年，p. 6-8, WA 3

【非特許文献2】

石井裕，外3名，“プロシーディングス・オブ・トピカル・ミーティング・オン・オブティカル・アンプリファイアーズ・アンド・ゼア・アプリケーションズ (Proceedings of Topical Meeting on Optical Amplifiers and their Applications)”，イタリア，2001年，p. 114-116

【非特許文献3】

増田浩次，“テクニカル・ダイジェスト・オブ・オブティカル・ファイバー・コミュニケーション・コンフェランス (Technical Digest of Optical Fiber Communication Conference)”，米国，2000年，p. 2-4, Tu A 1

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

従って本発明の目的は、上記した事情に鑑みなされたものである。すなわち周囲温度の変化によって利得平坦度が悪化することなく、ほぼ一定の利得平坦度が得られる光増幅器や光伝送路、またEDF増幅器の利得平坦度温度依存性を補償する方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するため、請求項1にかかる発明は、EDF増幅部とラマン増幅部を具備し、該ラマン増幅部が、EDF増幅部の利得プロファイルの温度変化に起因する変動を打ち消す利得プロファイルの温度変化を有していることを特徴とする光増幅器である。

【0012】

請求項2にかかる発明は、前記ラマン増幅部は、波長ロック用グレーティングを具備し、該波長ロック用グレーティングが、温度上昇に伴って、その透過波長が短波長側にシフトする特性を有し、前記波長ロック用グレーティングをEDF増幅器のEDFと同一温度下に置くようにしたことを特徴とする請求項1に記載の光増幅器である。

【0013】

請求項3にかかる発明は、前記ラマン増幅部を前記EDF増幅部の前段又は後段に配置したことを特徴とする請求項1又は2に記載の光増幅器である。

【0014】

請求項4にかかる発明は、前記EDFと前記波長ロック用グレーティングを同一筐体内に収めたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の光増幅器である。

【0015】

請求項5にかかる発明は、EDF増幅部とラマン増幅部を具備した光増幅器の利得平坦度の温度依存性を補償する方法であって、EDF増幅部の利得プロファイルの温度変化に起因する変動と、ラマン増幅部の利得プロファイルの温度変化に起因する変動とを打ち消すようにしたことを特徴とする光増幅器の利得平坦度の温度依存性の補償方法である。

【0016】

請求項6にかかる発明は、前記ラマン増幅部は、波長ロック用グレーティングを具備し、該波長ロック用グレーティングが、温度上昇に伴って、その透過波長が短波長側にシフトする特性を有し、前記波長ロック用グレーティングが、EDF増幅器のEDFと同一温度となるようにしたことを特徴とする請求項5に記載の光増幅器の利得平坦度の温度依存性の補償方法である。

【0017】

請求項7にかかる発明は、信号伝送用光ファイバと、該信号伝送用光ファイバに伝送される信号光を増幅するEDF増幅部を備えた光伝送路に、

前記信号伝送用光ファイバを増幅媒体としてラマン増幅を行うための励起用光源と、所望の波長の励起光を透過し前記信号伝送用光ファイバに入力する波長ロック用グレーティングを有するラマン増幅部を付設し、
前記波長ロック用グレーティングと前記EDF増幅部のEDFとを同一温度に置くようにし、

前記波長ロック用グレーティングは、温度上昇に伴って、その透過波長が短波長側にシフトする特性を有するものであることを特徴とする光伝送路である。

【0018】

本発明において、「EDF」とは、エルビウムなどの希土類元素をドープした光ファイバであって、光増幅の増幅媒体となるものを言う。また「EDF増幅部」とは、このEDFを増幅媒体として用いた光増幅部を言う。

また「利得プロファイル」とは、増幅時の各波長における利得の分布を示し、具体的には、横軸に波長を、縦軸に利得をとって、利得の波長による分布を表したものを言う。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の一実施形態を説明する。

図1は、本実施形態の光増幅器の一例を示す概略構成図である。この光増幅器は、ラマン増幅部1とEDF増幅部2を有してなり、ラマン増幅部1はEDF増幅部2の前段に設けられている。図中符号4は、光ファイバなどの光伝送経路であり、各構成部品間に設けられ、信号光や励起光の伝送経路となるものである。

【0020】

光増幅器の入力部3は、ラマン増幅部1の光アイソレータ5aを介して、増幅用光ファイバ6の一端に接続されている。この増幅用光ファイバ6は、シングルモード光ファイバなどからなる利得媒体であり、増幅用光ファイバ6の他端は、WDMカプラ7aの入力ポートに接続されている。

【0021】

このWDMカプラ7aの他の入力ポートには、光アイソレータ5bを介して、波長ロック用ファイバグレーティングを具えた波長ロック部8の一端が接続され、更にこの波長ロック部8の他端には、発光波長が1400～1500nmの半導体レーザなどの励起用光源9が接続されている。WDMカプラ7aの出力ポートは、EDF増幅部2の入力端に接続されている。

【0022】

次にEDF増幅部2において、WDMカプラ7bの入力ポートは、ラマン増幅部1の出力端に接続され、このWDMカプラ7bの他の入力ポートには、発光波長が1480nm帯又は980nm帯の半導体レーザなどの励起用光源10が接続されている。WDMカプラ7bの出力ポートは、利得媒体となるEDF11の一端に接続されている。

【0023】

このEDF11の他端は、光アイソレータ5cを介して、利得等化器12の入力端に接続され、この利得等化器12の出力端は、光増幅器の出力部13に接続されている。

このような構成からなる光増幅器において、少なくともラマン増幅部1の波長ロック部8とEDF増幅部2のEDF11とは、同一の筐体14内に收容され、同一の温度となるように構成されている。

【0024】

図2は、このラマン増幅部1の波長ロック部8の一例を示す概略構成図である。符号24は、波長ロック用ファイバグレーティングを示し、この波長ロック用ファイバグレーティング24は、コアの屈折率を所望の周期に変化させたグレーティングをもった光ファイバであり、励起用光源9から出射された励起光のうち、所望の波長の励起光のみを透過し、光アイソレータ5bとWDMカプラ7aを介して利得媒体の増幅用光ファイバ6へ伝搬するものである。

【0025】

この波長ロック用ファイバグレーティング 24 は、その入力端と出力端が固定点 23、23 にて、一对の矩形状の支持体 21a、21b に固定されている。この一对の矩形状の支持体 21a、21b のそれぞれの主面が、一对の矩形状の連結部 22a、22b によって連結され、互いに向かい合うように配置されている。

【0026】

この矩形状の支持体 21a や一对の矩形状の連結部 22a、22b は、石英、低熱膨張係数セラミックス、インバー合金などからなる。これに対して一方の支持体 21b は、熱膨張係数が、波長ロック用ファイバグレーティング 24 や矩形状の連結部 22a、22b の熱膨張係数よりも大きいアルミニウム、真ちゅうなどからなる。

【0027】

通常、波長ロック用ファイバグレーティング 24 は、その温度が上昇すると、熱膨張し、グレーティングの周期が長くなり、これにより励起用光源 9 から出射された励起光のうち、より波長の長い励起光を透過することとなる。このため従来では、波長ロック用ファイバグレーティング 24 は、一定の温度に保たれ、所望の波長の励起光のみを透過するようにして、利得媒体の増幅用光ファイバ 6 へ入力する励起光の波長を一定に保つようにして使用される。

【0028】

しかしながら、この波長ロック部 8 では、温度が上昇すると、熱膨張によって一方の支持体 21b が伸びて、波長ロック用ファイバグレーティング 24 をその長手方向に圧縮する。このため、この波長ロック用ファイバグレーティング 24 は、周囲温度が上昇すると、逆に圧縮され、これに伴ってグレーティングの周期が短くなり、励起光のうち、より短波長の励起光を透過し、利得媒体の増幅用光ファイバ 6 へ伝搬することとなる。

【0029】

図 3 は、このラマン増幅部 1 の各温度における利得プロファイルを示す。ラマン増幅部 1 のラマン散乱効果によって得られる利得プロファイルは、励起光の波長によって決定され、例えば励起光が短波長となると、利得プロファイルも短波長側にシフトすることが知られている。このラマン増幅部 1 では、上記したように波長ロック用ファイバグレーティング 24 は、従来とは逆の温度特性を有し、温度が上昇すると、短波長の励起光を透過するため、このとき利得プロファイルは短波長側にシフトすることとなる。

【0030】

光増幅器の入力部 3 から信号光が入射されると、まず信号光は、ラマン増幅部 1 にて増幅され、図 3 に示されたように波長ロック用ファイバグレーティング 24 の周囲温度に応じた利得プロファイルを有するものとなる。

【0031】

次に信号光は、EDF 増幅部 2 に入力され、EDF11 にて、更に増幅される。図 4 は、この EDF11 の各温度における利得プロファイルを示す。この EDF11 は、温度が変化すると、利得プロファイルが変動することが知られている。例えば温度が上昇すると、図 4 に示されたように、利得プロファイルのうち、1530～1540 nm 帯では利得が増加し、1540～1560 nm 帯では利得が減少することがわかる。

【0032】

本実施形態では、この EDF11 の温度変化による利得プロファイルの変化量を、前述したラマン増幅部 1 の温度変化による利得プロファイルの変化量によって補償し、光増幅器全体において、温度が変化してもほぼ一定の利得プロファイルが得られるようにする。

【0033】

そのためには、各波長において、ラマン増幅部 1 の利得プロファイルの温度変化量が、EDF11 の利得プロファイルの温度変化量に対して、符号が逆で絶対値がほぼ同じとし、ラマン増幅部 1 の利得プロファイルの温度特性が、EDF11 の温度特性と逆の特性を有するようにする必要がある。

【0034】

ラマン増幅部 1 の波長ロック部 8 は、温度が上昇すると、波長ロック用ファイバグレーテ

イング24が、より短波長の光を透過し、増幅用光ファイバ6に入力するように構成されている。これにより、ラマン増幅部1の利得プロファイルは、励起光源の波長によって決定されるため、温度が上昇すると、ラマン増幅部1の利得プロファイルは、短波長側にシフトすることとなる。

【0035】

このラマン増幅部1の利得プロファイルは、25℃では、図3に示されたように1540nm付近で極小値を有する下に凸の形状であり、また1560nm付近で極大値を有する上に凸の形状である。

このため温度が上昇すると、ラマン増幅部1の利得プロファイルは、短波長側にシフトし、1530～1540nm帯では利得が減少し、1540～1560nm帯では利得が増加することとなり、各波長において、このラマン増幅部1の利得プロファイルの温度変化量が、上述したEDF11の利得プロファイルの温度変化量に対して、逆の符号を示すこととなる。

【0036】

また波長ロック用ファイバグレーティング24の一方の支持体21bの材質を選定し、その熱膨張係数を所望の値とし、波長ロック用ファイバグレーティング24が透過する光の波長の温度変化量を調整する。これによりラマン増幅部1の利得プロファイルの温度変化量を、EDF11の温度変化量と絶対値がほぼ同じ値となるようにすることができる。

【0037】

図5は、25℃から65℃へ温度が変化したとき、ラマン増幅部1又はEDF11の利得プロファイルの変化量を示す図である。図中、ラマン増幅部1の利得プロファイルの変化量は、図3に示された65℃の利得プロファイルから25℃の利得プロファイルを差し引いて算出されたものである。またEDF11の利得プロファイルの変化量は、図4に示された65℃の利得プロファイルから25℃の利得プロファイルを差し引いて算出されたものである。

【0038】

ラマン増幅部1の波長ロック部8を上述した構成とし、更にこの波長ロック部8をEDF11と同一の筐体14内に収容し、同一の温度変化を受けるようにすることによって、ラマン増幅部1の利得プロファイルの温度変化量が、EDF11の利得プロファイルの温度変化量に対して、符号が逆で絶対値がほぼ同じとすることができる。

【0039】

これにより、EDF11の温度変化による利得プロファイルの変化量は、ラマン増幅部1の温度変化による利得プロファイルの変化量によって補償されることとなる。このため信号光は、ラマン増幅部1とEDF11にて増幅され、温度変化に対してほぼ一定の利得プロファイルが得られる。

【0040】

次にこの信号光は、EDF増幅部2の利得等化フィルタ12に入射する。この利得等化フィルタ12は、誘電体の多層膜などからなるものであり、温度が変化してもほぼ一定の透過損失が得られるようになっている。

【0041】

図6は、この利得等化フィルタ12を伝搬し、光増幅器の出力部13から出力された信号光において、各温度における利得プロファイルを示す。このように、温度変化による利得プロファイルの変化量が0.15dB以下と微小であり、ほぼ一定であることがわかる。更に、温度変化に対して利得プロファイルがほぼ一定であるため、温度が変化しても利得等化フィルタ12によって、精度良く利得を平坦とすることができ、優れた利得平坦度が実現できる。

【0042】

なお、本実施形態では、ラマン増幅部1の励起用光源9は2種以上であっても構わない。図7は、この励起用光源9の他の一例を示す。符号31x, 31y, 32x, 32yは、4種の励起用光源を示す。励起用光源31x, 31yは、同一の波長の励起光を出射する

ものであり、励起用光源 3 1 x は、偏波面が x 軸方向にある励起光を出射し、励起用光源 3 1 y は、偏波面が y 軸方向にある励起光を出射するものである。

【0043】

また励起用光源 3 2 x, 3 2 y は、励起用光源 3 1 x, 3 1 y とは異なる波長であって、互いに同一の波長の励起光を出射するものであり、励起用光源 3 2 x は、偏波面が x 軸方向にある励起光を出射し、励起用光源 3 2 y は、偏波面が y 軸方向にある励起光を出射するものである。

【0044】

励起用光源 3 1 x, 3 1 y と、3 2 x, 3 2 y とは、それぞれ P A N D A 光ファイバなどの偏波合波器 3 3 a, 3 3 b の一端に接続され、この偏波合波器 3 3 a, 3 3 b の他端は、W D M カプラ 7 c に接続される。励起光は、この W D M カプラ 7 c より、光アイソレータ 5 b と W D M カプラ 7 a を介して増幅用光ファイバ 6 に入力されることとなる。

【0045】

このように偏波面の異なる励起光を用いることによって、偏波依存性がある構成部品を光増幅器に使用することが可能となる。

また波長の異なる励起用光源を 2 種以上用いた場合、ラマン増幅部 1 にて得られる利得プロファイルは、それぞれの波長から得られる利得プロファイルを合成したものとなる。このように波長の異なる励起用光源を 2 種以上用いることによって、ラマン増幅部 1 にて得られる利得プロファイルの形状を調整でき、より精度良くラマン増幅部 1 の利得プロファイルの温度特性を、E D F 1 1 の温度特性と逆の特性とすることができる。

【0046】

また、ラマン増幅部 1 において、励起用光源 9 は、利得媒体となる増幅用光ファイバ 6 の信号光の入力側に設けてもよく、また信号光の入力側と共に出力側にも設けた構成としても構わない。同様に、E D F 増幅部 2 においても、励起用光源 1 0 は、利得媒体となる E D F 1 1 の信号光の出力側に設けてもよく、また信号光の入力側と共に出力側にも設けた構成としても構わない。また、ラマン増幅部 1 は、E D F 増幅部 2 の後段に設けても構わない。

【0047】

更に、ラマン増幅部 1 において、利得媒体となる増幅用光ファイバ 6 は、信号伝送用光ファイバを兼ねたものであっても構わない。この場合、本発明の光伝送路と同一の構成となる。

【0048】

本発明の光伝送路は、信号伝送用光ファイバと、E D F 増幅部 2 を備えた光伝送路に、上述したラマン増幅部 1 の波長ロック部 8 や励起用光源 9 など付設し、E D F 増幅部 2 の E D F 1 1 と、波長ロック部 8 とを同一温度に置くようにしたものである。このため、例えば既存の光伝送路を利用することができ、コスト低減が可能となる。

【0049】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、請求項 1 乃至 7 に係る発明によれば、温度が変化してもほぼ一定の利得平坦度が実現できる。更に、利得プロファイルが温度変化に対してほとんど変動せずほぼ一定であるため、利得等化フィルタで精度良く利得プロファイルを平坦とすることができ、優れた利得平坦度が実現できる。

【0050】

また、利得平坦度をほぼ一定とするために、新たに外部から電力を供給する必要がなく、光増幅器の電力消費量を抑えることができる。また、ラマン増幅部の利得によって、E D F の利得プロファイルの温度変化量を補償するため、温度変化に対してほぼ一定であり、かつ大きな利得プロファイルを得ることができ、効率良く信号光を増幅することができる。

【0051】

また請求項 3 及び 4 に係る発明によれば、光増幅器の構成を簡便とすることができ、装置

の小型化が実現できる。更に請求項 7 に係る発明によれば、既存の伝送経路を利用することができ、コスト低減が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本実施形態の光増幅器の一例を示す概略構成図である

【図 2】 ラマン増幅部の波長ロック用ファイバグレーティングの一例を示す概略構成図である。

【図 3】 ラマン増幅部の各温度における利得プロファイルを示す図である。

【図 4】 E D F の各温度における利得プロファイルを示す図である。

【図 5】 ラマン増幅部又は E D F の 25℃ から 65℃ の温度変化における利得プロファイルの変化量を示す図である。

10

【図 6】 光増幅器の各温度における利得プロファイルを示す図である。

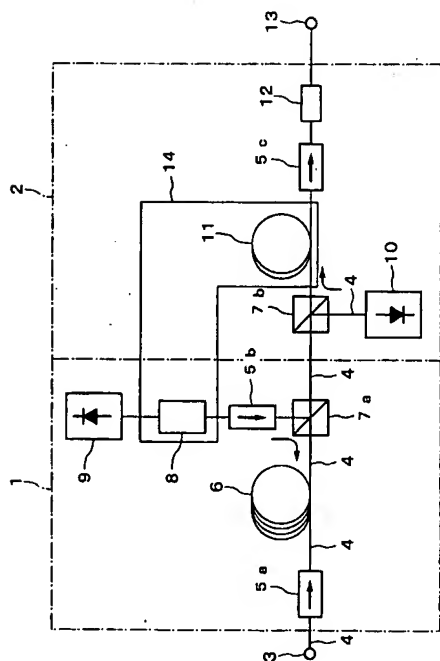
【図 7】 ラマン増幅部の励起用光源の他の一例を示す図である。

【図 8】 従来の E D F 増幅器の一例を示す図である。

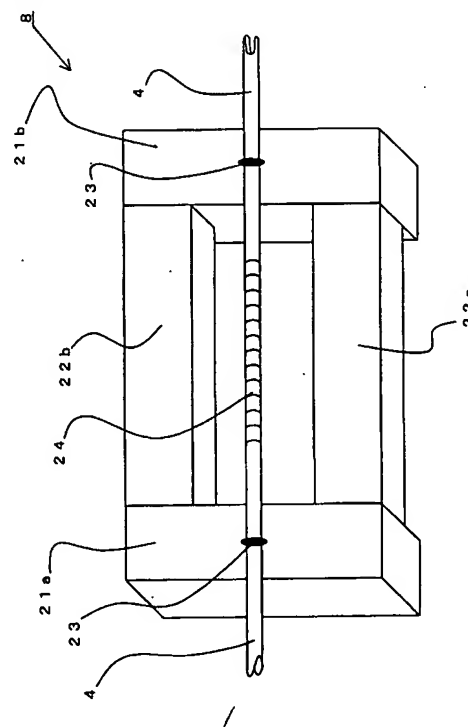
【符号の説明】

1・・・ラマン増幅部, 2・・・E D F 増幅部, 9・・・ラマン増幅部の励起用光源, 11・・・E D F, 14・・・筐体, 24・・・波長ロック用ファイバグレーティング

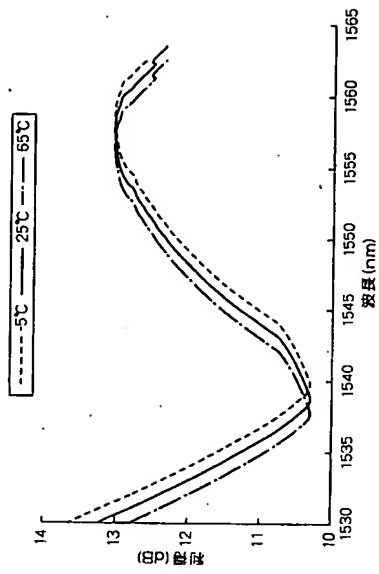
【図 1】



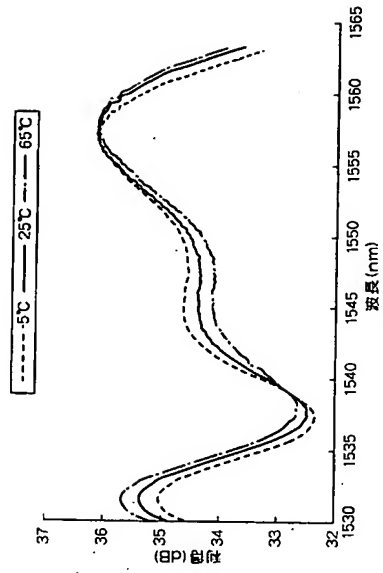
【図 2】



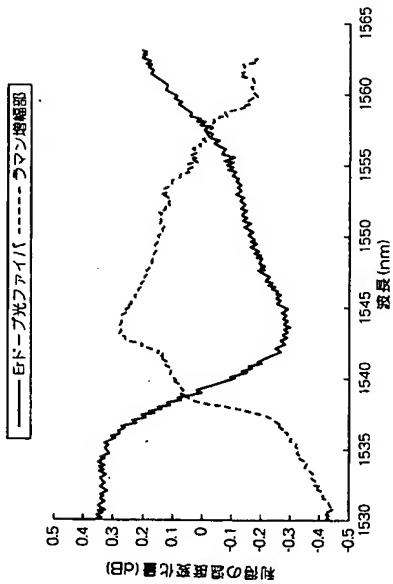
【図 3】



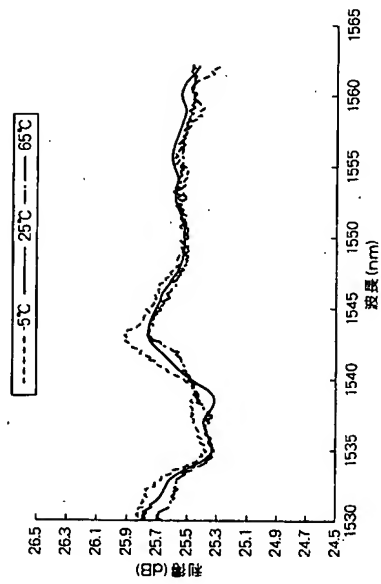
【図 4】



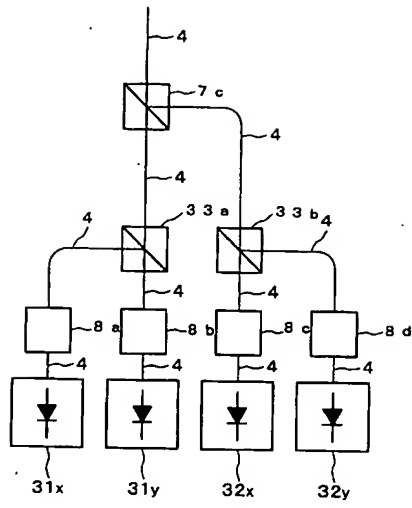
【図 5】



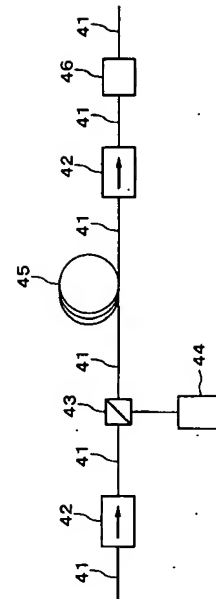
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁷

F I

テーマコード (参考)

H 0 4 B 10/16

H 0 4 B 9/00

J

H 0 4 B 10/17

H 0 4 B 9/00

E

H 0 4 J 14/00

H 0 4 J 14/02

(72)発明者 島田 典昭

千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

(72)発明者 酒井 哲弥

千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

(72)発明者 和田 朗

千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

F ターム(参考) 2K002 AA02 AB30 BA01 DA10 GA06 HA23

5F072 AB09 AK06 KK30 PP07 QQ07 YY17

5K102 AA55 AA68 AD01 AK05 MA03 MB10 MB20 MC04 MH04 PB01

PH13 PH14